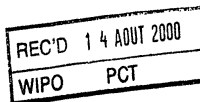


BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

FP00/5362

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)



4

Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 199 26 201.2
Anmeldetag: 09. Juni 1999
Anmelder/Inhaber: Technische Universität München Lehrstuhl für
Thermische Kraftanlagen, Garching b München/DE
Bezeichnung: Wirbelschichtreaktor
IPC: B 01 J, C 10 J

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Anmeldung.

München, den 13. Juli 2000
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

A 9161 pat
0300
EDV-L





Wirbelschichtreaktor

5

Die Erfindung betrifft einen Wirbelschichtreaktor, der den Wirkungsgrad von Wirbelschichtprozessen verbessert. Wirbelschichtprozesse werden z. B. bei der Trocknung, Vergasung oder Verbrennung von Stoffen eingesetzt, wobei in einem abgeschlossenen Reaktionsraum überwiegend festes Bettmaterial, wie z. B. Sand, durch einen Gasstrom fluidisiert wird. In diesen Reaktionsraum wird z. B. der zu vergasende Stoff eingebracht. Aufgrund des sehr guten Wärmeübergangs zwischen dem Bettmaterial und dem zu vergasenden Stoff läuft der Prozeß mit einem hohen Wirkungsgrad ab.

Trotzdem ist es wünschenswert, den Wirkungsgrad weiter zu verbessern, denn bei den herkömmlichen Wirbelschichtbetten ist bei einer Wirbelschichtverbrennung lediglich die vertikale Vermischung besonders gut, während die Quervermischung des Bettmaterials, der Brennstoffpartikel und der Asche gering ist. Bei großen Wirbelschichtflächen sind somit viele Brennstoffaufgabestellen erforderlich, die die Anlagekosten erheblich erhöhen. Bei kleinen Wirbelschichtbetten bewirken besonders die entstehenden Blasen eine Kanalbildung, die sich negativ auf den Prozeß auswirkt.

25

Ein weiteres Problem bei Wirbelschichten ist das Einbringen bzw. Ableiten von Wärme, um z. B. Vergasungsprozesse zu optimieren. So ist z. B. die energetische Nutzung biogener Einsatzstoffe derzeit weitgehend auf die Verbrennung beschränkt. Die Technologien zur Vergasung sind auf die Erzeugung von Schwachgasen mit einem Heizwert unter 6000 kJ/m^3 ausgerichtet. Diese Gase sind jedoch für eine Nutzung z. B. in Gasturbinen oder Brennstoffzellen nicht geeignet.

Um Gase mit einem Heizwert von 8000 bis 10 000 kJ/m³ zu erzeugen, muß eine sogenannte allotherme Vergasung durchgeführt werden. Dazu ist es erforderlich, dem zu vergasenden Brennstoff ausreichend externe Wärme auf einem hohen Temperaturniveau von 500 bis 900 Grad Celsius zuzuführen, was bisher mit einem hohen technischen Aufwand verbunden ist.

Aus dem Stand der Technik sind dafür folgende prinzipielle Vergaserkonstruktionen bekannt:

Batelle-Vergaser

Beim Batelle-Vergaser (zweistufige Wirbelschichtvergasung) wird die Reaktionswärme für die Wirbelschicht in einer externen Wirbelschichtverbrennung erzeugt. Die Übertragung der Wärme erfolgt durch Austausch des heißen Sandbettes und ist daher mit einem hohen technischen Aufwand verbunden, vergl. Peter Jansen, Thermische Vergasung von nachwachsenden Roh- und organischen Reststoffen; Institutsberichte der Bundesanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig, 1997.

20

DMT-Vergaser

Im DMT-Vergaser soll ein wesentlicher Teil der für die Vergasung notwendigen Wärme dadurch eingebracht werden, daß für die Fluidisierung überhitzter Wasserdampf mit einer Temperatur von 750 Grad Celsius verwendet wird. Zusätzlich sollen für die Vergasung von Biomasse Wärmetauscherrohre durch das Wirbelbett geleitet werden, durch die Rauchgas mit einer Temperatur von 1150 Grad Celsius strömt. Der Nachweis, daß mit dieser Vorrichtung Heizwerte von ca. 10 000 kJ/m³ erzielbar sind, erscheint nach dem derzeitigen Kenntnisstand kaum möglich. Vorrichtungen, die nach diesem Prinzip arbeiten, sind in den Dokumenten US 5,064,444 und US 5,439,491 offenbart.

30

Zur Erhöhung des chemischen Umsatzes wurde daher versucht, den Wärmeeintrag in das Wirbelbett durch den Einsatz von Pulsbrennern zu erhöhen, wie in dem Dokument US 5,306,481 offenbart. Dieser Weg ermöglicht prinzipiell einen höheren Wärmeeintrag und somit einen chemischen Umsatz, der für eine allotherme Vergasung erforderlich ist. Der Einsatz von Pulsbrennern ist jedoch relativ aufwendig.

Weiterhin ist aus dem Stand der Technik bekannt, den Wärmeeintrag in ein Wirbelschichtbett mittels Wärmeleitrohre (Heatpipes) durchzuführen. Die US 4,160,720 offenbart eine Vorrichtung zur Vergasung von Teersand, bei der eine Wärmeübertragung in den Reaktionsraum mittels Wärmeleitrohre (Heat-pipes) erfolgt. Bei dieser Vorrichtung durchläuft der Teersand das Reaktionsbett und die Verbrennungszone. Da sich das Pyrolysegas mit dem Rauchgas mischt, verringert sich der Heizwert dieses Gases, das sich nicht für den unmittelbaren Einsatz für Gasturbinen oder für Brennstoffzellen eignet.

Es besteht daher weiterhin die Aufgabe, den Wärmeeintrag bzw. den Wärmeentzug in Wirbelschichten von Wirbelschichtreaktoren zu verbessern.

Diese Aufgabe wird mit einem Wirbelschichtreaktor nach Anspruch 1 gelöst. In dem Wirbelschichtreaktor ist ein Reaktorbehälter vorgesehen, der das Wirbelschichtbett aufnimmt. Es sind Fluidisierungsvorrichtungen vorgesehen, die einen vorbestimmten Bereich des Wirbelschichtbettes fluidisieren. Um in diesen Bereich zusätzliche Wärme einzubringen oder abzuführen, werden Wärmetauschervorrichtungen eingesetzt. Je besser der Wärmeübergang zwischen den Wärmetauschervorrichtungen und der Wirbelschicht ist, um so höher ist der Wirkungsgrad der Anlage. Um diesen Wärmeübergang zu verbessern, werden die Wärmetauscherabschnitte der

Wärmetauschervorrichtung als spezielle Wärmetauscherrippen ausgebildet, die so geformt und angeordnet sind, um mit den von den Fluidisierungs-
 vorrichtungen erzeugten Fluidströmen und -wirbeln so in Wirkbeziehung zu
 gelangen, daß die fluidisierten Teilchen quer zu ihrer ursprünglichen Strö-
 mungsrichtung beschleunigt werden, wodurch die Quervermischung des
 5 Wirbelschichtbettes verbessert wird, die Verweilzeit der Teilchen im Wir-
 belschichtbett erhöht wird und der Wärmeübergang von den Wärmetau-
 scherrippen zum Wirbelschichtbett wesentlich verbessert wird.

10 Es ist zu betonen, daß es nicht möglich und sinnvoll ist, eine konkrete Di-
 mensionierung für die speziellen Wärmetauscherrippen anzugeben, da der
 Fachmann eine derartige Optimierung nur in Verbindung mit einem konkre-
 ten Wirbelschichtreaktor vornehmen kann. Es ist daher im Einzelfall mög-
 lich, sehr speziell ausgebildete Wärmetauscherrippen einzusetzen, die u. U.
 15 sogar unterschiedlich, asymmetrisch usw. ausgebildet sein können, wenn
 dadurch die vorstehend beschriebene Ablenkung der Teilchen mit den da-
 mit verbundenen positiven Wirkungen erfolgt.

Bevorzugte Formen der Wärmetauscherrippen sind in den Ansprüchen 2, 3
 20 und 4 beansprucht. Diese Formen lassen sich gut fertigen.

Nach Anspruch 5 sind die Wärmetauscherrippen mit den Wärmetauscher-
 abschnitten lösbar verbunden. Diese Ausführungsform weist eine Reihe
 von Vorteilen auf: Da z. B. Wirbelschichten, in denen Verbrennungspro-
 zesse ablaufen, auf Grund der höheren Temperatur in Verbindung mit dem
 25 Sand der Wirbelschicht auf Einbauten stark abrasiv wirken, sind die Wär-
 metauscherrippen davon besonders betroffen, d. h., sie unterliegen einem
 hohen Verschleiß. Die Auswechselbarkeit dieser Verschleißteile ist daher
 besonders wirtschaftlich.

30 Nach Anspruch 6 sind die Wärmetauschervorrichtungen von flüssigen oder
 gasförmigen Fluiden durchströmt, nach Anspruch 7 werden Wärmeleitroh-

re (Heatpipes) eingesetzt. Dem Fachmann ist klar, daß der durch die Erfindung bewirkte positive Effekt lediglich durch die besondere Gestaltung der Wärmetauscherrippen in Verbindung mit dem Wirbelschichtbett erzielt wird.

5

Die Erfindung wird nachfolgend an Hand von Ausführungsbeispielen in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen näher erläutert, wobei auf allgemeine Darstellungen von Wirbelschichtreaktoren verzichtet wurde, da diese dem Fachmann hinreichend bekannt sind und daher weder gezeigt
10 noch näher erläutert werden müssen.

- Fig. 1 zeigt eine perspektivische Darstellung einer gewendelten Wärmetauscherrippe am Wärmetauscherabschnitt einer Wärmetauschervorrichtung.
- 15 Fig. 2 zeigt eine perspektivische Darstellung einer schaufelförmig ausgebildeten Wärmetauscherrippe.
- Fig. 3 zeigt eine perspektivische Funktionsdarstellung der Wärmetauscherrippe nach Fig. 1.
- Fig. 4 zeigt Wärmetauscherrippen, die an waagrecht liegenden
20 Wärmetauscherabschnitten angeordnet sind.

Die Fig. 1 zeigt einen Endabschnitt einer rohrförmigen Wärmetauschervorrichtung 1, an dem gewendelte Wärmetauscherrippen 2 angeordnet sind.

- 25 Die Fig. 2 zeigt einen Endabschnitt einer Wärmetauschervorrichtung 1, an dem schaufelförmig ausgebildete Wärmetauscherrippen 3 angeordnet sind.

Die Fig. 3 zeigt den rohrförmigen Endabschnitt einer Wärmetauschervorrichtung 1 mit gewendelten Wärmetauscherrippen 2 in einer Wirbelschicht, die z. B. aus Brennstoffteilchen 4 besteht, in der Gasblasen 5 aufsteigen.
30

Die Pfeile 6 zeigen, in welche Richtung die Brennstoffteilchen 4 und die Gasblasen 5 abgelenkt werden. Durch diese seitliche Ablenkung wird die Wirbelschicht homogenisiert. Gleichzeitig verbleiben die Brennstoffteilchen 4 länger im Wirbelbett, so daß sie vollständig verbrannt werden. Auch bei
5 anderen Reaktionen, wie z. B. einer Vergasung, ist eine längere Verweildauer der Einsatzstoffe gewünscht.

Durch die seitliche Ablenkung haben die Teilchen einen sehr guten Wärmekontakt mit zu den Wärmetauscherrippen, wodurch der Wärmeüber-
10 gang erheblich verbessert und somit der Wirkungsgrad erhöht wird.

Die Fig. 4 zeigt einen Ausschnitt eines Wirbelschichtreaktors mit waage-
recht liegenden Wärmetauscherrohren mit Wärmetauscherabschnitten 7,
an denen Wärmetauscherrippen 8 angeordnet sind. Bei dieser Ausführ-
15 rungsform sind die Wärmetauscherrippen 8 geneigt angeordnet, wobei die
Neigungsrichtung der Wärmetauscherrippen bei dem darüberliegenden
Wärmetauscherabschnitt gewechselt wurde. Daher werden die Teilchen 4
und die Dampfblasen 5 wechselweise nach links oder rechts abgelenkt,
was zu einer guten Quervermischung führt. Es ist für den Fachmann klar,
20 daß bei schräg liegenden Wärmetauscherabschnitten die Wärmetauscher-
rippen gemäß der erfindungsgemäßen Lehre anzuordnen sind.

Es ist klar, daß bei der Vielzahl von möglichen Varianten, Kombinationen
und Bauformen der einzelnen Komponenten der Erfindung nicht alle dieser
25 Varianten explizit beschrieben werden konnten. Jedoch fallen auch alle
dieser nicht explizit beschriebenen Varianten unter den Schutzbereich der
anliegenden Patentansprüche, wenn sie die erfindungsgemäße technische
Lehre benutzen.

30

7-- Ansprüche

- 5 1. Wirbelschichtreaktor mit
- einem Reaktorbehälter zur Aufnahme
 - eines Wirbelschichtbettes, das mittels
 - Fluidisierungsvorrichtungen in einem
 - Bereich fluidisiert wird, und
- 10 - Wärmetauschervorrichtungen (1), deren
- Wärmetauscherabschnitte in dem fluidisierten Bereich angeordnet sind,
dadurch gekennzeichnet, daß
- an den Wärmetauscherabschnitten der Wärmetauschervorrichtungen (1) Wärmetauscherrippen (2, 3, 8) so geformt und angeordnet sind, um mit
- 15 den von den Fluidisierungsvorrichtungen erzeugten Fluidströmen und -wirbeln so in Wirkbeziehung zu gelangen, daß die fluidisierten Teilchen (4) quer zu ihrer ursprünglichen Strömungsrichtung beschleunigt werden, wodurch die Quervermischung des Wirbelschichtbettes verbessert wird, die Verweilzeit der Teilchen (4) im Wirbelschichtbett erhöht wird, Gasblasen
- 20 (5) gut dispergiert werden und der Wärmeübergang von den Wärmetauscherrippen (2, 3, 8) zum Wirbelschichtbett wesentlich verbessert wird.
2. Wirbelschichtreaktor nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Wärmetauscherrippen (2) wendelförmig ausgebildet sind.
- 25 3. Wirbelschichtreaktor nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Wärmetauscherrippen (3) schaufelförmig ausgebildet sind.
4. Wirbelschichtreaktor nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** an
- 30 waagerecht liegenden Wärmetauscherabschnitten (7) die Wärmetauscherrippen (8) schräg geneigt zur Blasrichtung der Fluidisierungsvorrichtung

angeordnet sind, wobei die Neigungsrichtung der Wärmetauscherrippen (8) von benachbart angeordneten Wärmetauscherabschnitten (7) unterschiedlich ist.

5 5. Wirbelschichtreaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Wärmetauscherrippen (2, 3) mit den Wärmetauscherabschnitten (7) lösbar verbunden sind, wobei die Verbindung einen guten Wärmeübergang aufweist.

10 6. Wirbelschichtreaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Wärmetauschervorrichtungen von gasförmigen oder flüssigen Fluiden durchströmt sind.

15 7. Wirbelschichtreaktor nach den Ansprüchen 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Wärmetauschervorrichtungen Wärmeleitrohre (Heatpipes) aufweisen.

20

25

30

Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft einen Wirbelschichtreaktor mit Wärmetauschervorrichtungen 1, der den Wirkungsgrad von Wirbelschichtprozessen erhöht. 5 Erfindungsgemäß werden die Wärmetauscherrippen 2, 3, 7 der Wärmetauschervorrichtung 1 so ausgebildet, daß eine Quervermischung des Wirbelbettes erfolgt, was den Wirkungsgrad des Reaktors wesentlich erhöht.

10 - Fig. 3 -

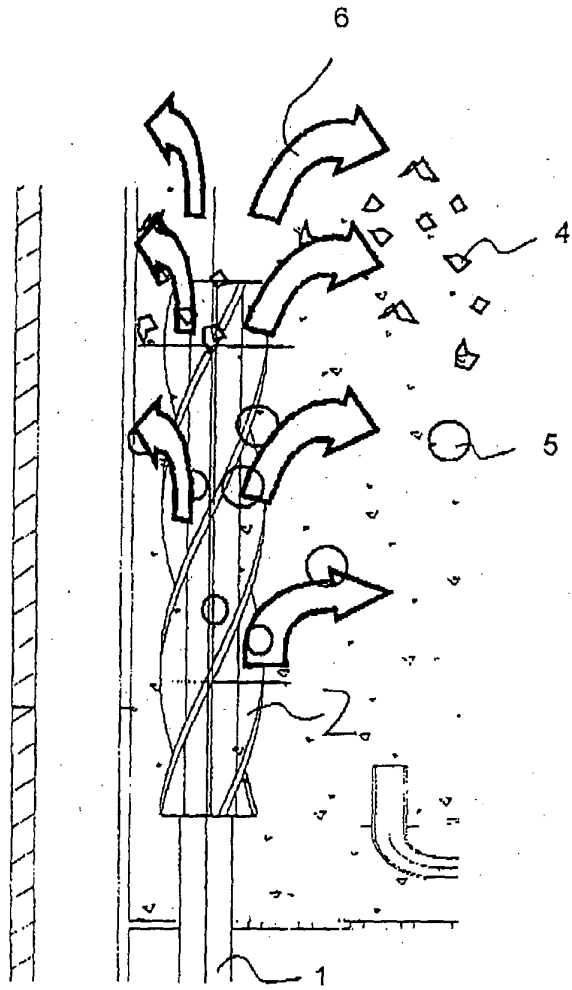


Fig. 3

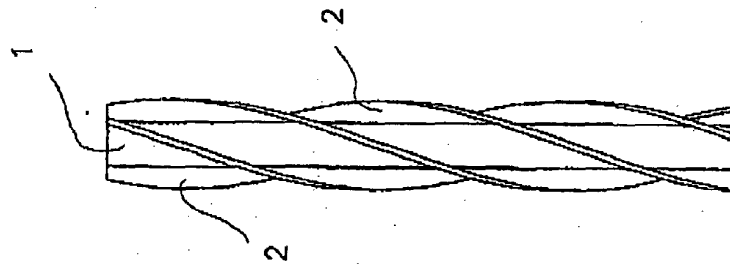


Fig. 1

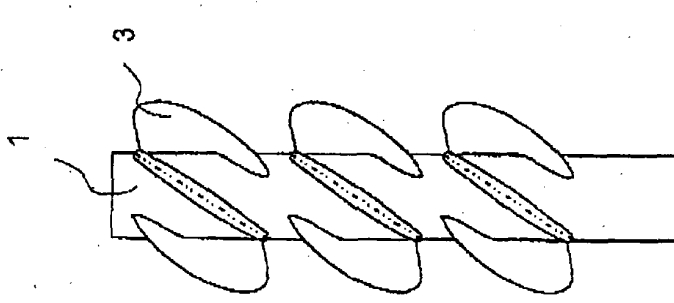


Fig. 2

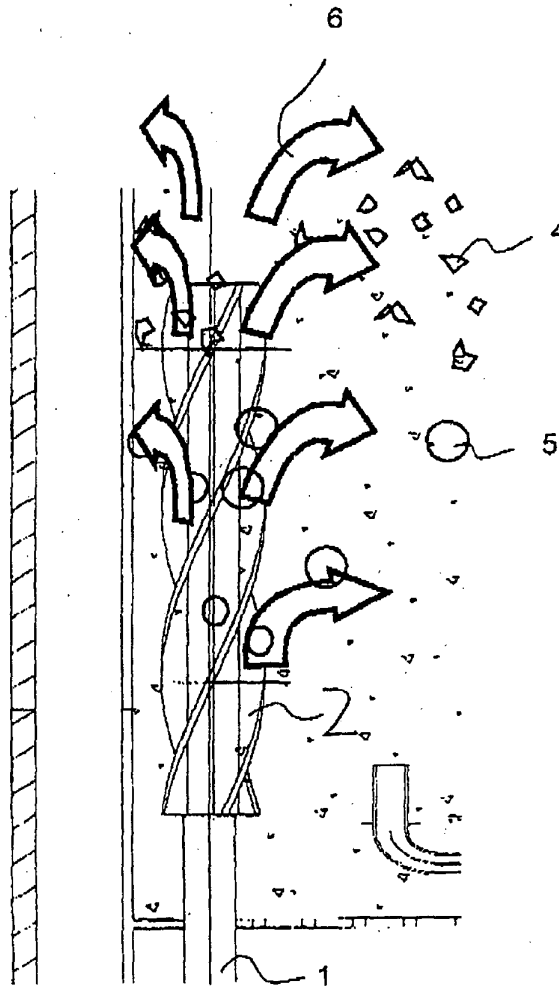


Fig. 3

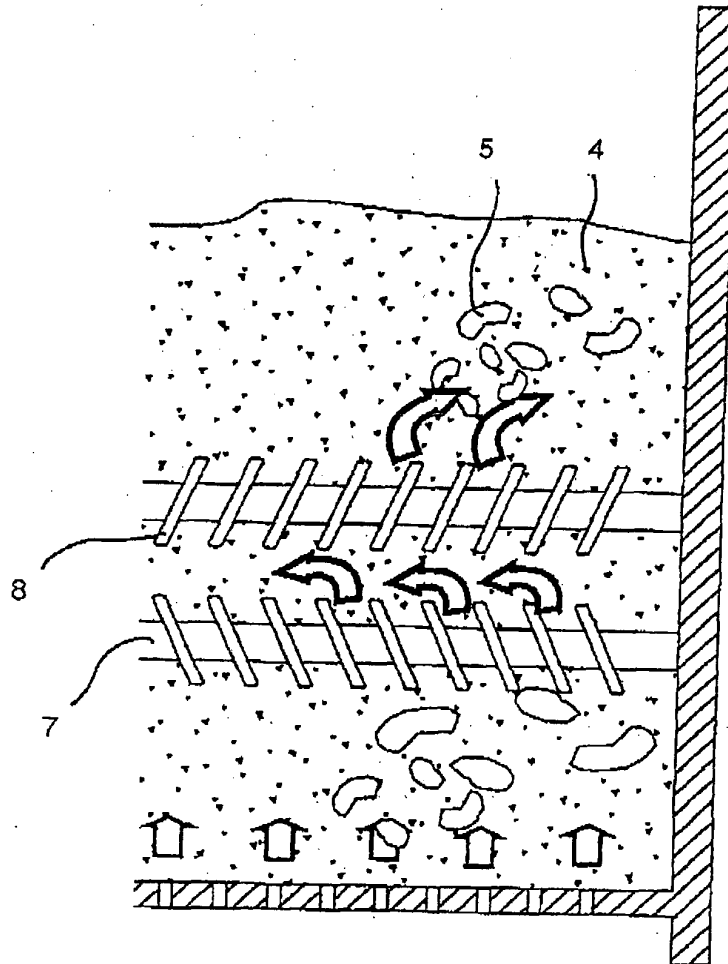


Fig. 4

GESAMT SEITEN 14